

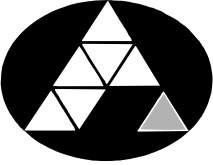
POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutusohjelma

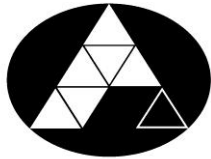
Lasse Karjalainen

**Minikaivurin hyödyntäminen koneellisessa taimikonhoidossa**

Opinnäytetyö

21.04.2012

 <p>POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU</p>	<p><b>OPINNÄYTETYÖ</b>  <b>Huhtikuu 2012</b>  <b>Metsätalouden koulutusohjelma</b>  Sirkkalantie 12A  80100 JOENSUU  p. (013) 260 6906</p>
<p><b>Tekijä</b>  Lasse Karjalainen</p>	
<p><b>Nimeke</b>  Minikaivurin hyödyntäminen koneellisessa taimikonhoidossa</p> <p><b>Toimeksiantaja</b>  Ylenlahden Luomutila</p>	
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Taimikonhoidon koneellistuminen ei ole yleistynyt nopeasti Suomessa. Alalle tarvitaan laitteita ja innovaatioita, jotta työn laatu ja määrä voidaan säilyttää kilpailukyisenä.</p> <p>Työ oli esitutkimus, jossa selvitettiin minikaivurin ja siihen rakennetun raivainlaitteen käyttömahdollisuuksia taimikonhoidossa. Lisäksi selvitettiin laitteen työtehhoa, kustannuksia sekä kehittämismahdollisuuksia. Tutkimus toteutettiin mittaamalla työnopeutta ja siihen vaikuttavaa puustoa. Puuston mittauksessa hyödynnettiin hajautettua koealaotantaa.</p> <p>Minikaivurin hyödyntäminen koneellisessa taimikonhoidossa onnistui hyvin, eikä käytössä ilmennyt ylitsepääsemättömiä ongelmia. Prototyypin työtehhoa voidaan vielä parantaa nykyisestä, kunhan kuljettajien ammattitaito kehittyy. Laitteen käyttöominaisuudet ja varusteet mahdollistavat työskentelyn nuorissa ja vartuneissa taimikoissa, sillä sen katkaisukapasiteetti riittää jopa yli 10 cm:n runkoihin ja etenemiskyky mahdollistaa työskentelyn metsäisissä olosuhteissa. Työteho on tällä hetkellä hieman metsurin työtehoa parempi.</p> <p>Laitteen kehitysasteen vuoksi on tärkeää testata laitetta lisää ja tutkia työtehhoa pidemmän käyttöjakson yhteydessä, jolloin saadaan esitutkimusta tarkempaa tietoa.</p>	
<p><b>Kieli</b>  suomi</p>	<p>Sivuja 29  Liitteet 3  Liitesivumäärä 4</p>
<p><b>Asiasanat</b>  Koneellinen taimikonhoito, minikaivuri, terälaite</p>	

 <p>NORTH KARELIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<b>THESIS</b> <b>April 2012</b> <b>Forestry Programme</b> Sirkkalankatu FIN 80100 JOENSUU FINLAND Tel. 358-13-260 6906	
Author Lasse Karjalainen		
Title Small Excavator Utilization in Harvesting Seedling Stands		
Commissioned By Ylenlahden Luomutila		
<p>Abstract</p> <p>Mechanical tending of seedling stands has not become common in Finland. There is a need for devices and innovations to keep the quality and quantity of work competitive.</p> <p>The purpose of this pilot study was to investigate the possibility of using a small excavator and cutting device in the mechanical tending of seedling stand. The project was aimed to clarify work efficiency, costs and possibilities of developing the machine. This project was carried out by measuring work speed and the growing stock. Measuring was made by distributed test area sampling.</p> <p>The result was that the use of a small excavator in harvesting a seedling stand is possible and there were not any big problems with using the machine. It is possible to make the prototype better and more effective, when operators get more skills to harvest a young stand with that machine. Now features of the machine make it possible to do the tending of seedling stand and young stand improvement. The cutting equipment can cut even over 10 cm thick trunks and the machine's ability to crawl in terrain helps working in forest. Working efficiency is now slightly better than that of a forest worker.</p> <p>Because this is a feasibility study, it is important to make more tests with the machine when it has been used for a longer time, which will provide more exact information on work efficiency.</p>		
Language Finnish		Pages 29 Appendices 3 Pages of Appendices 4
Keywords Mechanical tending of seedling stand, small excavator, cutting equipment		

# Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1. Johdanto .....	6
2. Taimikonhoidon vaikutukset.....	7
3. Koneellinen taimikonhoito.....	8
2.1 Historiaa .....	8
2.2 Alan kehittyminen .....	9
4. Minikaivuri raivainlaitteen runkona.....	10
4.1 Sunward swe 28 su .....	10
4.2 Kauhan tilalle kiinnitettävä terälaite.....	12
4.3 Terä, runko ja voimansiirto .....	12
5. Minikaivurin ja terälaitteen hallittavuus ja käyttö maastossa .....	14
6. Tutkimuksen tarkoitus ja toteutus .....	16
6.1 Tutkimuksen tarkoitus .....	16
6.2 Tutkimusmenetelmät .....	16
6.3 Maastotutkimusten ajankohta.....	17
6.4 Aineiston kuvaus .....	17
6.5 Mittaus.....	18
6.6 Aineiston analysointi .....	19
7. Kustannukset ja niiden vertailu .....	19
7.1 Vertailu .....	19
7.2 Kiinteät ja muuttuvat kustannukset .....	20
7.3 Raivainlaitteen kustannukset .....	21
8. Tulokset.....	21
8.1 Minikaivurin käytettävyys.....	21
8.2 Mittaustulokset .....	22
8.3 Kustannukset .....	24
9. Minikaivurin ja raivauslaitteen kehittäminen.....	25
10. Pohdinta .....	27
Lähteet .....	29

Liite 1 Puuston keskiarvotiedot kuvioittain

Liite 2 Minikaivurin kustannukset

Liite 3 Tehojätjän kustannukset

## 1 Johdanto

Metsätalouden kehittyminen johtaa alan koneellistumisen lisääntymiseen. Osaltaan kehitykseen on johtanut koneiden kehittyminen, niiden tehokkuus ja helppous. Toisaalta perinteinen metsätyö ei kiinnosta nuoria ja vanhemmat sukupolvet jäävät eläkkeelle. Tämän vuoksi alalle tarvitaan uusia innovaatioita ja laitteita, joiden avulla työn määrä ja laatu saadaan säilytettyä kilpailukykyisenä. On esimerkiksi arvioitu, että vuoteen 2016 mennessä yhdistysten vakituisten metsurien määrä putoaa 80 prosentista 50 prosenttiin. (Juntunen, 2011.)

Koneellista taimikonhoitoa on harjoitettu useiden vuosien ajan, mutta siitä ei ole tullut varsinaista menestystä, kuten esimerkiksi koneellisesta puunkorjuusta. Yhtenä syynä voidaan pitää markkinoilla olevien laitteiden hankintahintoja suhteessa työn tehokkuuteen. (Kaila, 2005.) Toisaalta mikäli laitteen käyttömahdollisuudet rajoittuvat ainoastaan taimikonhoitoon, ovat sen käyttökohteet mahdollisten ostajien mielestä turhan rajoittuneita ja työ hoidetaan perinteisesti raivaussahalla.

Opinnäytetyö käsittelee uudenlaista keinoa hyödyntää minikaivuria runkona raivauslaitteelle, jonka Ylenlahden Luomutila on kehittänyt. Laitteessa on otettu mallia muista laitteista ja rakennettu käsillä olevista materiaaleista ja välineistä. Opinnäytetyö antaa toimeksiantajalle tärkeää esitutkimustietoa laitteesta, jonka perusteella sitä voidaan kehittää. Tutkimuksessa laitteen tehoa ja ominaisuuksia verrataan jo olemassa olevaan koneelliseen taimikonhoitoon ja perinteiseen metsurintyöhön. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää suuntaa antavaa tietoa laitteen työtehokkuudesta, kustannuksista ja siinä pohditaan kehittämis- ja käyttömahdollisuuksia. Tutkimus oli esitutkimus, sillä laitteelle ei vielä ole ammattikuljettajaa ja laite on vasta prototyyppi. Tutkimustulosten päätarkoituksena oli selvittää, onko laitteella tulevaisuutta ja kannattaako sen kehitystä jatkaa.

## 2 Taimikonhoidon vaikutukset

Taimikonhoidolla pyritään turvaamaan laadukkaan ainespuun muodostuminen metsiimme. Toimenpiteillä pyritään ohjailemaan taimikon kasvua siten, että tulevaisuudessa metsiköstä on saatavilla haluttua puutavaralajia. Ohjailu tapahtuu poistamalla yksilöitä ja lajeja pois toivottujen puulajien joukosta. Kun taimikoita perataan tai harvennetaan, turvataan toivotun puuston tasainen ja hyvälaatuinen kasvu, jossa ei ole tauteja. Hyvin hoidettu taimikko kasvaa nopeasti mittoihin, jolloin puustosta saadaan järeämpää ja arvokkaampaa puuta. (Kellomäki 1991, 249). Ikävä kyllä monesti taimikot jäävät hoitamatta, sillä toimenpiteistä syntyy yleensä kustannuksia ja niiden toteuttaminen vie aikaa.

Taimikoiden hoidon yleinen suunta näkyy valtakunnan metsien inventoinnin raporteista, joissa yhdeksännessä tutkimuksessa pienistä taimikoista hyvän arvosanan sai 54 % taimikoista, kun taas 10. tutkimuksessa hyvän arvosanan sai vain 41 %. Pienten taimikoiden tyydyttävien osuus vastaavasti nousi samoissa tutkimuksissa 30 prosentista 37 prosenttiin. Varttuneissa taimikoissa hyvien osuus laski 32 prosentista 24 prosenttiin ja tyydyttävien osuus kasvoi 39 prosentista 47 prosenttiin (Metsätilastollinen vuosikirja 2011, 120).

Perkauksella ja harvennuksella pyritään antamaan halutuille yksilöille riittävästi tilaa ja valoa. Tällöin myös vesitalous paranee ja yksilöiden välinen kilpailu vähenee. Ilman perkausta puuston kasvu taantuu ja laatuun voi tulla poikkeamia tautien tai mekaanisten rasitusten myötä. Taimikonhoidon vaikutukset ovat siis metsiemme laadun ja kasvun vuoksi tärkeitä toimenpiteitä. (Valkonen, Tantt & Peltola, 2007.)

### 3 Koneellinen taimikonhoito

#### 2.1 Historiaa

Metsänhoito on kokenut ja tulee kokemaan muutoksia, jotka vaikuttavat metsien käsitteelyyn. Taustalla on erilaiset tavat hyödyntää metsiä, kuten energiapuun korjuu ilmastonmuutoksen estämiseksi, virkistyskäyttö ja muu monikäyttö (Hyvämäki, 2002, 306). Metsien omistajat kuitenkin ikääntyvät ja kaupungistuminen on edelleen meneillään. Aikaisemmin metsiä pitivät kunnossa niiden omistajat, useimmiten isännät ja emännät, jotka asuivat metsiensä läheisyydessä. Nykyään omistajat asuvat usein kaupungissa, ja heillä on kiireinen työ, jolta aikaa ei metsänhoidolle jää. On myös varsin yleistä, että jotkut metsänomistajat ovat perineet metsän, mutta eivät edes tiedä, missä se on tai, mitä sille pitäisi tehdä. Tämän vuoksi metsänhoitopalvelut on yleensä ostettava, mikäli metsiä hoidetaan, mikä puolestaan lisää metsätalouden työvoiman tarvetta. (Standström, Hämäläinen & Pajuoja 2009, 10–11.)

Ruotsissa on taimikonperkauksessa kokeiltu leikkaavia ja katkavia taimikonhoitolaitteita jo 1980- ja 1990-luvuilla, mutta niiden tuottavuus ei ollut vielä silloin kannattavalla tasolla ja käyttö hiipui. Suomessa erilaisia laitteita on kokeiltu varsinkin 1990-luvun ja 2000-luvun aikana, mutta siltikään ne eivät ole nousseet suosioon (Kaila, 2005). Laitteita on erilaisia eri-ikäisille taimikoille ja yleensä ne ovat kalliita. Laitteita on kaivuriin, traktoriin ja hakkuukoneeseen kiinnitettäviä malleja, jotka joko kitkevät tai leikkaavat. Näissä laitteissa perusongelmana on ollut sen tuottavuus suhteessa korkeaan hankintahintaan.

Suomessa puunkorjuu ja maanmuokkaus tehdään pääosin koneilla, mutta istutus ja taimikoiden hoito sitä vastoin tapahtuu miesvoimin. Vuonna 2010 taimikoiden hoito ja nuoren metsän kunnostuksen kokonaisala oli 230 000 hehtaaria (Metsätalastollinen vuosikirja 2011, 117). Koneellisen istutuksen osuus on vain 2-3 % ja taimikonhoidon osuus on vielä tätäkin pienempi. Osaksi tämä johtuu siitä, että miestyövoimaa on ollut saatavilla riittävästi ja tällöin se on pystynyt kilpailemaan koneita vastaan. Kyse ei ole siitä,



ettei konekelpoisia taimikoita olisi, sillä Kaivolän mukaan Etelä-Suomen taimikoista noin 73 % pystytäisiin käsittelemään koneellisesti (Kaivola, 1995, 34). Tulevaisuudessa tilanne saattaa kuitenkin olla toinen kun miestyövoima vähenee, mutta tehtävän työn määrä ei (Standström, Hämäläinen & Pajuoja 2009, 8-9).

Vuonna 2007 Usewood julkaisi laitteen, jossa pyörivällä terällä voidaan käsitellä nuorta ja vähän varttuneempaa taimikkoa, mihin kitkevät laitteet eivät pysty. Tehojätjän terälaite pystyy katkaisemaan 8-9 cm paksuja runkoja ja se on malliltaan riippuva. Laitteessa on 8 pyörää ja se painaa vain 1 800 kg. Pienen kokonsa vuoksi laite mahtuu toimimaan taimikoissa aiheuttamatta suurta puuston menetystä. (Strandström & Poikela, 2010.) Pentin Paja Oy:n kehittämä kitkewä reikäperkaaja toimii 4-5 vuoden ikäisissä taimikoissa, jolloin taimen ympäriltä kitketään puusto juurineen (Strandström, Hämäläinen & Pajuoja 2009, Liite 1, 5). Markkinoilta puuttuu laite, jolla nuorten ja varttuneiden taimikoiden hoito sujuisi tehokkaasti ja kilpailukykyiseen hintaan.

## 2.2 Alan kehittyminen

Uudet innovaatiot ja uusi teknologia tarjoavat toiminnan jatkamiselle mahdollisuuksia vähenevälle ammattikunnalle eli metsureille. Teknologian avulla on mahdollista parantaa taimikonhoidon kustannustehokkuutta, tai ainakin taata sille jatkuvuus. Alalle kaivataan nuorta sukupolvea ja laitteet ja apuvälineet mahdollisesti auttavat saamaan nuoria kiinnostumaan alasta. Taimikonhoitotöissä käytetään vielä varsin vähän uutta teknologiaa ja usein turvaudutaan perinteiseen raivaussahaan, vaikka esimerkiksi puunkorjuu on varsin kehittynyttä. (Standström, Hämäläinen & Pajuoja 2009, 12.) On siis korkea aika kehittää uusia menetelmiä ennakkoluulottomasti ja pyrkiä löytämään keinoja korkealaatuiselle metsien varhaishoidolle.

Monesti koneilta odotetaan huomattavasti enemmän kuin perinteiseltä työmenetelmältä. Tämä saattaakin olla yksi jarruttava tekijä koneellisen taimikonhoidon kehittymiselle. Koneen odotetaan tekevän työ selvästi nopeammin kuin ihminen, sen tulisi pystyä

tekemään useita työvaiheita samanaikaisesti ja osan työvaiheista toivotaan olevan automatisoituja. Suurimpana tekijänä kuitenkin pidetään sen kustannustehokkuutta, jolloin koneen hinnan pitäisi olla hyvässä suhteessa vuotuisen käyttömäärään ja tuottavuuteen (Standström, Hämäläinen & Pajuoja 2009, 14). Koneille asetetut haasteet lisäävät kehityspaineita, mutta toisaalta lisäävät kehitystä koneille ja antavat uusia ideoita niille, jotka eivät turvaudu perinteisiin menetelmiin vaan haluavat kehittää työtapojaan. Joku rohkea ja innovatiivinen voi löytää itselleen töitä koneistuvasta alasta, mikäli muut eivät käytä tilaisuutta hyväkseen. Alalle onkin toivottavaa löytää uusia investointeja ja yrittäjiä laitteineen näyttämään tietä.

## **4 Minikaivuri raivainlaitteen runkona**

### **4.1 Sunward swe 28 su**

Sunward swe 28 su on Kiinassa valmistettu minikaivuri, joka on kokoonsa nähden varsin tehokas ja, jolla pystyy toimimaan pienessä tilassa. Laite on varustettu kolme sylinterisellä vesijäähdytteisellä 19.3 kw tuottavalla dieselmoottorilla, joka toimii voimanlähteenä vaadittavalle hydraulikalle. Leveyttä laitteella on 1 560 mm, joka vähentää maastoon jäävän uran tuottamia puuston menetyksiä. Laite ei tarvitse erillisiä ajouria verraten esimerkiksi motoon, koska minikaivurilla voidaan pujotella puiden välissä. Alavaunun maltillinen noin kahden metrin pituus helpottaa myös laitteen käsittelyä taimikoissa. Laitteessa on telat jotka auttavat maastossa etenemistä huomattavasti. Telat ovat kumiset 300 mm leveät ja 1973 mm pitkät, jolloin massa saadaan jakautumaan tasaisesti ja maastovauriot jäävät vähäisiksi laitteen työpainon ollessa 3 000 kg. (Kone Saksman Oy.) Koneen paino jakautuu tasaisesti telojen päälle ja yhtä neliösenttimetriä kohden kohdistuu pintapainetta vain 0,254 kg. Tehojätkän pintapaine olisi sama, mikäli sen renkaat koskettaisivat maata 30x30 cm suuruiselta alueelta. Renkaat ovat kuitenkin pyöreät ja kosketuspinta jää tasaisella maalla hieman pienemmäksi.

Kaivuri on varustettu umpinaisella hytillä, joka tarjoaa ilmastoinnin avulla miellyttävät työolosuhteet kesällä ja talvella. Raivaussahatyöhön verrattuna umpinainen hytti antaa suojaa kesällä esimerkiksi paarmoilta ja ampiAISilta. Myös kypärän käytön ja raskaissa turvavälineissä oleskelun voi unohtaa, koska hytissä niille ei ole tarvetta. On selvää, että työolosuhteet houkuttelevat työntekijää kesällä ja talvella. Valot kuuluvat varustukseen, jolloin talven pimeyskään ei estä työskentelyä. Minikaivurin edessä on puskulevy, joka vakauttaa ja antaa tukea työskentelylle mutta toisaalta myös hankaloittaa hieman risukossa liikkumista.

Kuten kuvassa 1 näkyy, minikaivurin lähes olematon rungon peräylitys helpottaa työskentelyä, sillä hytti mahtuu pyörähtämään paikallaan ilman, että perä ruhjoisi puita, ja puomilla pääsee pujottamaan raivauspään runkojen väliin ilman suurempia ongelmia. Puomilla myös yltää kohtuullisesti poimimaan runkoja 4–5 m:n etäisyydeltä, joka mahdollistaa 6–10 m:n ajouravälin. (Kone Saksman Oy.)



Kuva 1. Minikaivuri varustettuna raivauslaitteella. (Kuva Lasse Karjalainen.)

## 4.2 Kauhan tilalle kiinnitettävä terälaite

Kauhan tilalle toimeksiantaja kehitti hieman vastaavan tyylisen terälaitteen, kuin UW-40 risuraivain. Laitteessa on samankaltainen terä kuin raivaussahassa, mutta huomattavasti isommassa mittakaavassa. Terää voidaan pyörittää eri suuntiin, jolloin terän hammastus leikkaa paremmin joko ohuisiin tai paksuihin runkoihin.

## 4.3 Terä, runko ja voimansiirto

Terä on leikattu tietokoneohjatulla plasmaleikkurilla raex 900 metallilevystä, jolloin teräkuvioista on voitu tehdä halutun kaltainen. Materiaali on erittäin lujaa ja taivutusta kestävä. Terää voidaan pyörittää kumpaankin suuntaan, jolloin saadaan hieman erilainen leikkaustulos johtuen hammastuksen rakenteesta (Kuva 2). Toiseen suuntaan pyörittäessä hammastus leikkaa paremmin paksua puuta ja toinen suunta soveltuu pienemmän risukon katkontaan. Terä on teetätetty ammattikoulun tekemänä työnä, jolloin sille ei voida laskea muuta kuin teräksen hinta. Tällöin yhdelle terälle on jäänyt hintaa vain noin 30 e/kpl.



Kuva 2. Terän hammastus (Kuva Lasse Karjalainen)

Laitteen runko on rakennettu soveltamalla ja hitsaamalla metallia. Rungossa on käytetty metallilevyjä, palkkeja ja esimerkiksi vanhan Volkswagen Jetan teräsvannetta. Teräsvanne antaa sopivan suojan voimansiirrolle ja vanteeseen hitsatut käpälät suojaavat terää esimerkiksi isoilta kiviltä. Käpälöiden materiaali ei ollut alun perin toivottua vahvuutta, sillä kuten kuvasta 3 näkyy, ovat ne taipuneet osittain vinoon.

Pyörintävoiman terä saa hydraulimoottorista, jota pyöritetään minikaivurin omalla hydrauliliikalla. Voima johdetaan hydraulimoottorista Volkswagen Jetasta peräisin olevaa vetoakselia pitkin. Vetoakseli on kiinni vanhassa Volkswagenin pyörännavassa, joka antaa runkoon kiinnitettynä hyvän tuen ja tarvittavan laakeroinnin. Terä on kiinnitettynä neljällä pultilla pyörännapaan.



Kuva 3. Raivauslaite (Kuva Lasse Karjalainen)

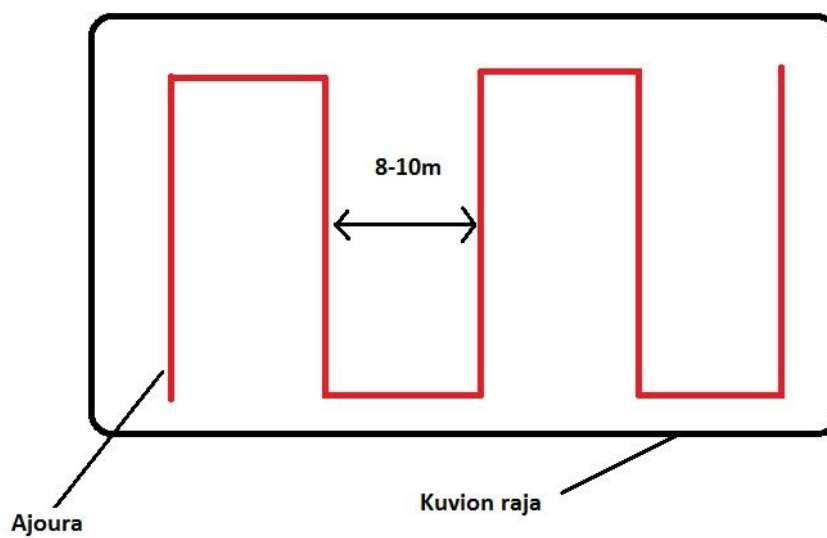
## 5 Minikaivurin ja terälaitteen hallittavuus ja käyttö maastossa

Minikaivuria ohjataan samankaltaisilla ohjaimilla kuin isojakin kaivinkoneita. Vipujen logiikka on kohtuullisen helppo oppia, vaikkei aiempaa kokemusta olisikaan ja hallinta on helppoa. Minikaivuri etenee telojen avulla ja etenemissuuntaan voidaan vaikuttaa säätämällä telojen pyörintänopeuksia. Minikaivurin maavara ei ole suuri, mikä hankaloittaa epätasaisessa maastossa etenemistä, mutta toimeksiantajan mukaan laite kuitenkin etenee kiitettävästi ja jopa yllättävän pahoissakin paikoissa. Etenevyydestä kertoo se, että laitteella on ajettu jopa 40-50cm korkuisessa puuterilumessa ilman suurempia ongelmia. Ongelmaksi laitteelle koituvat esimerkiksi kivikot, mutta toisaalta pieni koko auttaa pujottelemaan esteiden välissä.

Hytti pyörii akselinsa ympäri hydraulisesti ja puomi seuraa luonnollisesti hytin mukana. Puomi taivuu tyvestä vasemmalle ja oikealle lähes 90-asteen kulmaan, joka auttaa runkojen välissä pujottelussa. Keskinivel mahdollistaa kurottamisen ja terälaitetta voidaan kallistella sivusuunnassa ja pitkittäissuunnassa kaivinkoneen monipuolisten liikkeiden ansiosta. Koska terälaitte ei ole riippuva, sitä on tukeva ja vakaa käsitellä. Toimeksiantajan mukaan terälaitteella voidaan tällöin katkoa jopa yli 10cm paksuisia runkoja ja terä on helppo viedä lähelle puun runkoa, koska terä ei heilu. Puskulevyn tilalle toimeksiantajalla on suunnitteilla toisenlainen tukea antava järjestelmä metsäkäyttöä varten. Nykyinen puskulevy kerää eteensä risuja, jotka saattavat vaurioittaa muiden puiden runkoja ja minikaivurin edetessä.

Koska laite on vain 1,5 m leveä, ei se jätä maastoon suurta uraa. Tällöin laitteella voidaan pujotella puuston välissä ja tällöin uran kohta ei vaadi suuria uhrauksia puustolta. Puomilla yltää käsittelemään 4-5 m etäisyyteen saakka, mikä tarkoittaa sitä että ajourat voivat olla 8-10 m etäisyydellä toisistaan, kuten kuvassa 3 näkyy. Tutkimuskohteilla oli kuitenkin havaittavissa, että varttuneemmassa taimikossa laitteen jättämää uraa on hankala havaita käsitellyltä alueelta. Puiden etäisyydet toisistaan ovat kohtuullisen suuret, kuten kuvasta 4 on nähtävissä. Tällöin puiden väleissä pystytään pujottelemaan laitteella.





Kuva 3. Ajouratiheys. (Kuva Lasse Karjalainen.)



Kuva 4. Puusto käsittelyn jälkeen. (Kuva Lasse Karjalainen.)

## **6 Tutkimuksen tarkoitus ja toteutus**

### **6.1 Tutkimuksen tarkoitus**

Koneellinen taimikonhoito ei ole maailmalla eikä Suomessa uusi asia. Kaivuri, metsäkone tai esimerkiksi traktori on tuttu näky koneellistuvassa metsänhoitoketjussa. Aiempaa kokemusta tai tutkimusta ei kuitenkaan ole kovin runsaasti minikaivurin käytöstä tässä tehtävässä.

Tutkimuksen päätarkoitus on toimia esitutkimuksena ja tutkimustulokset ovat suuntaa näyttäviä sekä pyrkivät antamaan käsityksen koneen käyttömahdollisuuksista ja tulevaisuudesta toimeksiantajalle. Laite on prototyyppi ja sillä ei vielä ole ammattikuljettajaa, joten työtehokkuus ja ongelmat ovat alkuvaiheessa arkipäivää. Tutkimuksesta saadaan viitteitä kannattavuudesta, kustannustehokkuudesta, työnlaadusta ja kehittämismahdollisuuksista. Opinnäytetyössä pyritään selvittämään, onko laite kilpailukykyinen verrattuna perinteiseen raivaussahaan tai Tehojätkään. Tutkimuksessa selvitetään myös laitteen hyviä ja huonoja puolia.

Käyttötunteja ja käsiteltyjä kohteita laitteella on hyvin vähän, mutta niistä saatava tieto antaa suuntaa laitteen kehittämislle ja tuleville käyttökohteille, mikä on toimeksiantajalle tärkeää tietoa. Laitteen suunnittelivat, rakensivat ja testasivat Ylelenlahden Luomutilan väki. Heiltä saatu tieto laitteesta antoi tärkeää tietoa tutkimusta varten. Laite sijaitsee Kangasniemellä ja sitä on testattu Ylenlahden omissa taimikoissa.

### **6.2 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus on kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus ja tutkimusaineisto kootaan havainnointien avulla. (Keckman-Koivuniemi 2010.) Aineisto kerätään tällöin systemaattisella havainnoinnilla, johon käytetään suoria havaintoja ja havaintolaitteiden osoitta-



mia tuloksia. Tämä tutkimusmenetelmä sopii opinnäytetyöhön, koska tutkimuksessa tehdään havaintoja ja johdetaan niistä hypoteeseja vertailemalla havainnointia Metsäetelän, Metlan, Tapion ja Työtehoseuran arkistoituun tutkimusaineistoon. Tutkimuksessa myös haastatellaan toimeksiantajaa, jolloin saadaan tietoa esimerkiksi käytettävyydestä.

### **6.3 Maastotutkimusten ajankohta**

Keli ei ole laitteelle este, joten sillä voi tehdä taimikonhoitotöitä vuodenajasta riippumatta. Talven korkeat hanget kuitenkin estävät työskentelyn, sillä kannoista tulisi muuten liian pitkiä. Laitetta oli testattu syksyllä 2011 ennen lumentuloa. Tutkimusaineisto ja koealueet valittiin sillä perusteella, mitä toimeksiantaja halusi laitteella käsitellä. Valintaan vaikutti toimeksiantajalla vahvasti kyseisten taimikoiden hoidon kiireellisyys. Aineistoon otettiin mukaan kaikki käsitellyt kuviot, jotka laitteella ehdittiin tekemään ennen lumentuloa. Maastotyöt, havainnot ja tutkimukset suoritettiin tammikuussa 2012, jolloin ei vielä ollut haittaavasti lunta johtuen lauhasta alkutalvesta.

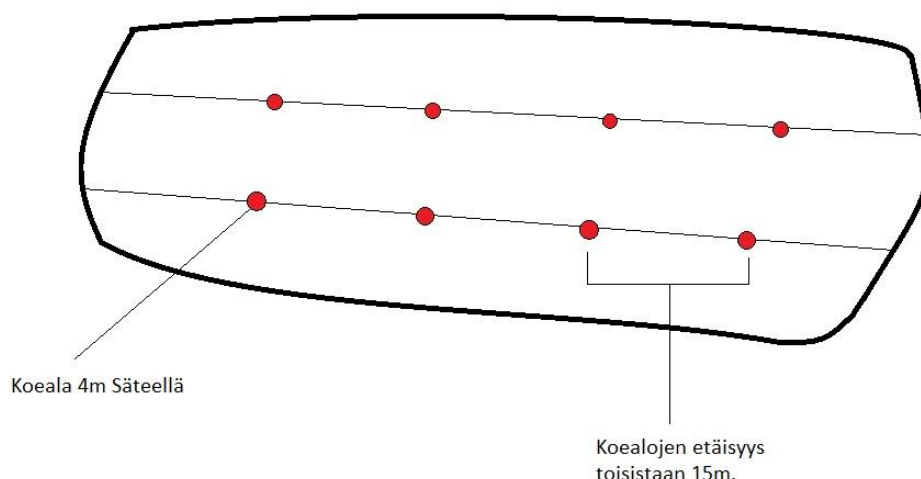
### **6.4 Aineiston kuvaus**

Aineiston vähäisyydestä johtuen maastotutkimusten antama tieto ei ole kovin kattava, mutta riittää kuitenkin tämän esitutkimuksen toteuttamiseksi. Maasto-olosuhteet muuttuvat monesti eri kohteilla ja nämä vaikuttavat yleensä tuloksiin. Tutkimuskohteet sijaitsevat Kangasniemellä toimeksiantajan omalla tilalla. Maasto kuvioilla on kohtalaisen tasaista, eikä kiviäkään ole haitaksi asti. Ainoastaan yhdellä kuviolla on rinne, joka vaikuttaa myös työskentelyn tehokkuuteen. Kankailla sijaitsevilla moreenimailla kasvaa pääosin istutettua rauduskoivua ja osittain luontaisesti kasvaneita mäntyä ja hieskoivua. Tutkimuksissa ei ollut mukana varhaishoitoa tarvitsevia taimikoita, vaan taimikot olivat varttuneita.

## 6.5 Mittaus

Käsitellyt alueet eivät olleet suuria vaan koostuivat kuudesta pienestä kuvioista. Yhteensä käsiteltyä alaa kertyi 3,7 ha. Kuvioilta mitattiin niihin kulunut työaika, jolloin saatiin tietoa hehtaarikohtaisesta tuottavuudesta. Ajanotossa ei otettu mukaan taukoja, ja esimerkiksi ruokatuntien ajaksi ajanotto keskeytettiin. Kuljettajat suorittivat itse ajanoton annetun ohjeistuksen mukaisesti. Luotettavan ja tarpeeksi laajan tutkimustulosten saaminen oli haastavaa, sillä konetta on vasta testattu ja työmäärä on ollut vähäinen laitteen kehitysasteen vuoksi.

Kuvioille sijoitettiin hajautettu koealaotanta, josta otettiin 3,99 m:n säteellä olevia ympyräkoaloja. Koealat sijoitettiin kuviolle mahdollisimman tasaisin välein huomioiden mahdollisia kivikoita tai välttämällä kuvion reunojen vaikutusta, jotka eivät anna realistista kuvaa puustosta (kuva 4). Reunoilla valon määrä on monesti suurempi ja tämän vuoksi reunavyöhykkeillä kasvaa mahdollisesti enemmän lehtipuuta.



Kuva 4. Koealakenttä esimerkki. (Kuva Lasse Karjalainen.)

Käsitellyiltä kohteilta otettiin yhteensä 35 ympyräkoaloa ja ne sijoitettiin hakatuille kuvioille tasaisesti 15 m:n välimatkoin. Ympyräkoaloilta mitattiin jäävän puuston val-

tapitus, runkoluku, keskiläpimitta ja kirjattiin ylös pääpuulaji. Kannoista laskettiin koealakohtainen poistuman määrä ja siitä johdettiin hehtaarikohtainen poistuma. Mittaamalla kantojen läpimitat ja laskemalla niistä keskiarvo, saatiin keskikantoläpimitta. Koealoilta laskettiin puustoon muodostuneet vauriot ja vaurioituneiden puiden määrästä koealoilla voitiin laskea vaurioiden määrä prosentteina hehtaarilla. Jokaiselle erilliselle kuviolle laskettiin koealatietojen perusteella keskiarvot kustakin mittauskohteesta, jolloin saatiin tarkka käsitys kuvion puustosta.

## **6.6 Aineiston analysointi**

Tutkimuksessa käytetään aineiston analysoinnissa vertailevaa Survey-tutkimusta, jossa vertaillaan havainnointitutkimuksen tuloksia suhteessa arkistoituun tutkimusaineistoon (Nummenmaa 2004, 29).

Vertailumateriaalina käytetään Tapion, Metlan, Metsätehon ja Työtehoseura Ry:n julkaisemia tutkimustuloksia koneellisen taimikonhoidon potentiaalista. Tutkimuksissa on muun muassa tutkittu työtehokkuutta ja kustannustehokkuutta eri laitteilla. Minikaivuria verrataan myös karkeasti manuaaliseen metsurintyöhön, jolloin saadaan mielenkiintoinen näkemys alan koneellistamisen järkevyydestä. Mielenkiintoisimpana on mukana Usewoodin Tehojätkä, joka on lähimpänä opinnäytetyön kohdelaitetta.

## **7 Kustannukset ja niiden vertailu**

### **7.1 Vertailu**

Laitteen kustannusten laskenta ja vertailu on yksi tutkimuksen mielenkiintoisimmista osa-alueista. Tässä tapauksessa laskettiin, kuinka paljon minikaivuri ja raivainlaite on

toimeksiantajalle maksanut ja, mitkä ovat sen käyttökustannukset verrattuna uuteen Tehojätkään. Metsätehon tulosalvosarjaa tehojätjän tuntikustannuslaskelmista hyödyntäen pystyttiin vertaamaan minikaivurin ja tehojätjän kustannuksia. Vertailussa luotiin tilanne, jossa voitiin laskea, mitä samojen kohteiden käsitteleminen maksaisi hehtaaria kohden eri laitteilla.

Vertailussa keskityttiin hankintahintaan, kiinteisiin sekä muuttuviin kustannuksiin ja laitteiden arvon menetykseen. Mielenkiintoa tutkimukseen tuo laitteiden hintaero, mikä on kymmenissä tuhansissa euroissa ja se, miten tämä hintaero vaikuttaa laitteiden tuotavuuspaineisiin. Tällöin selviää, millaisia kustannuseroja syntyy pidemmällä käyttövä-  
lillä laitteilla, joilla työtehot ja hankintahinnat eroavat toisistaan.

## **7.2 Kiinteät ja muuttuvat kustannukset**

Muuttuvat kustannukset sisälsivät polttoaine-, korjaus-, huolto- ja siirtokulut. Nämä kustannukset pidettiin vertailussa samoina, sillä laitteiden koko on suurin piirtein samaa luokkaa. Muuttuvissa kuluissa eroa tekivät ainoastaan polttoainekulut, jotka johtuivat minikaivurin suuremmasta polttoaineen kulutuksesta. Suurempi kulutus johtuu osittain siitä, että minikaivuri on hieman raskaampi, tehokkaampi ja varustettuna ilmastoinnilla. Siirtokulut ovat vertailussa kuvitellusti yhtä suuret, mutta todellisuudessa toimeksiantaja pystyisi hoitamaan ne hieman edullisemmin omalla traktorilla ja lavetilla.

Kiinteisiin kustannuksiin laskettiin minikaivurin osalta vakuutukset ja työvoimakustannukset. Työvoimakustannukset ovat samansuuruiset kuin tehojätjässä. Tehojätjälle on laskettu kiinteisiin kustannuksiin myös pääoman poisto, korot ja hallinnon kustannukset, joita ei toimeksiantajalla minikaivurin osalta ole. Arvon aleneminen laskettiin minikaivurille sen laskemasta hinnasta, sillä laite oli kolme vuotta vanha ostettaessa ja Tehojätjän arvonaleneminen saatiin Metsätehon tulosalvosarjasta.

### 7.3 Raivainlaitteen kustannukset

Tehojätjän käyttämä UW-40 risuraivain maksaa uutena noin 7 000 €, joten toimeksiantajan tapauksessa se maksaa jo lähes puolet minikaivurin hinnasta, joka oli ilman arvonlisänveroa hinnaltaan 16 000 € käytettynä. Uusi minikaivuri maksaa noin 26 000 €. Toimeksiantajan rakentama raivainlaite jäi kustannuksiltaan alle tuhanteen euroon ja sille on melko hankala laskea tarkkaa hintaa. Tarkan hinnan laskentaa hankaloitti se, että laitteessa käytettiin runsaasti osia ja metallia, jota tilalta löytyi entuudestaan. Esimerkiksi peltoautosta otetulle etupyörännavalle ja vetoakselille on hyvin hankala laskea hintaa. Hydraulimoottorit, letkut ja liittimet ovat laitteen kalleimpia osia. Laitteessa käytettävät terätkään eivät ole maksaneet kuin teräksen hinnan, joka on arviolta vain noin 30 e/kpl.

Omalle työlle ja rakentamiselle on toimeksiantajan tapauksessa vaikea laskea hintaa, mutta laitteen huolto- ja korjauskustannukset on arvioitu optimistisesti, joten tällöin omallekin työlle jää jotain hintaa.

## 8 Tulokset

### 8.1 Minikaivurin käytettävyys

Minikaivuri osoittautui maastokokeissa käyttökelpoiseksi laitteeksi, jolla saatiin tulosta aikaan. Toimeksiantajan mukaan minikaivuri eteni koealoilla riittävän hyvin ja liikkuminen ei aiheuttanut liikaa ongelmia työskentelylle. Siitä huolimatta, että laitteella on pieni maavara, pystytään sillä liikkumaan yllättävän hyvin metsässä. On kuitenkin huomioitava, että laitteen eteneminen hankaloituu ja jopa estyy kivikkoisissa tai jyrkissä rinteissä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei laitteelle olisi työkohteita, sillä Suomessa käsitellään vuositason 215 000-239 000 hehtaaria taimikoita (Valkonen, Tanttu &

Peltola 2007, 9). Näistä taimikoista osa on varmasti maastoltaan tasaisia ja kivettämiä, jolloin ne voitaisiin käsitellä minikaivurilla ja raivauslaitteella. Etenemistä auttaa pieni koko, jonka ansiosta esteitä on mahdollista kiertää aiheuttamatta suuria puuston menetyksiä. Toimeksiantaja oli ajanut minikaivurilla mittausten jälkeen myöhemmin talvella noin 40cm syvyisessä puuterilumessa ilman suurempia ongelmia, joka mielestäni kuvaa hyvin laitteen kykyä edetä.

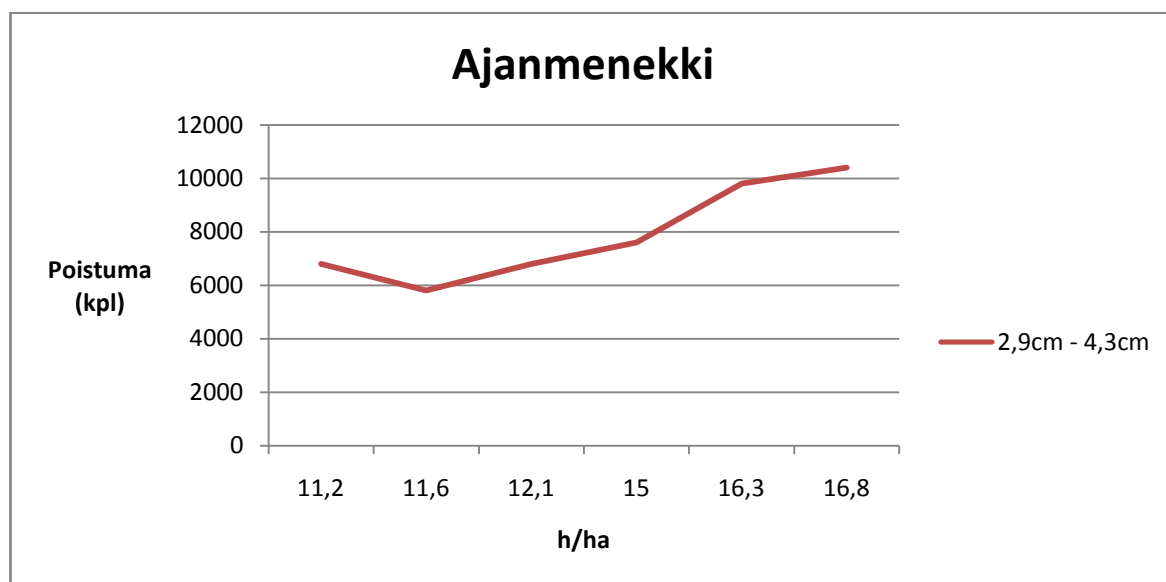
Minikaivuria käyttäessä ei ilmennyt mitään suurta ylitsepääsemätöntä ongelmaa, jonka vuoksi sen käyttö ei soveltuisi taimikonhoitoon. Laitteen hallinta ja käyttö todettiin helpoksi ja nopeasti opittavaksi. Tukevan puomin ja terälaitteen ansiosta terän käsittely on vakaata ja tarkkaa.

## 8.2 Mittaustulokset

Tuloksista selviää käsitellyn puuston rakenne, jolloin siitä saadaan vertailukelpoista materiaalia. Tutkimuksessa selvisi, että jäljelle jäävän puuston keskipituus vaihteli 4,1 m ja 7,3 m välillä. Keskiläpimitta vaihteli kuvioilla 3,3 cm ja 6,9 cm välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että puusto luokitellaan tällöin kehitysluokaltaan varttuneeksi taimikoksi. Lukuun ottamatta yhtä kuviota, missä kasvoi sekapuustona mäntyä ja koivua, oli koivu selvästi tyypillisin pääpuulaji. Runkoluku puolestaan vaihteli noin 1700 rungosta 2000 runkoon hehtaaria kohden, mikä on suhteellisen hyvä tiheys tutkimuskohteiden tyyillisille taimikoille. Tällöin valoa vaativat koivu ja mänty saivat riittävästi elintärkeää valoa ja elintilaa. Runkovaurioita syntyi 2 prosentilla pystyyn jäävistä puista ja merkittäviä maastovaurioita ei löytynyt.

Tutkimuskohteilta poistui puustoa 5 800 - 10 400 runkoa hehtaaria kohden. Poistuneen puuston kantojen keskiläpimitta puolestaan vaihteli 2,9 cm ja 4,3 cm välillä. Ajankonekki hehtaaria kohden vaihteli suhteessa poistuman määrään 11,2 tunnista aina 16,8 tuntiin hehtaaria kohden, mikä on nähtävissä myös kuviosta 1. Toisin sanoen, mitä enemmän kuviolla on poistuvaa puustoa, sitä kauemmin työskentely vaatii aikaa. Aino-

astaan kuvio kolme poikkesi muista kuvioista viemällä vähemmän aikaa, vaikka poistuneen puuston määrä ei ollut vähäisin. Tämä voidaan selittää helpolla maastolla ja sillä, että poistuva puuston kantokeskiläpimitta on ollut vain 2,9 cm.



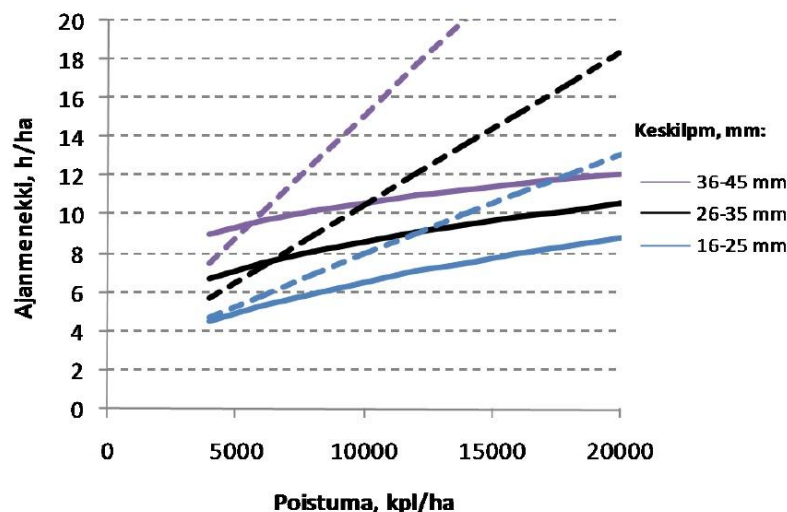
Kuvio 1. Ajanmenekki suhteessa runkolukuun. (Kuvio Lasse Karjalainen.)

Mitattujen kuvioiden keskimääräinen työteho laitteella on 0,072 ha tunnissa. Vastaavasti Tehojätjän ammattikuljettajan keskimääräinen työteho oli 0,1 ha tunnissa (Strandström & Poikela 2010, 17). Näin ollen voidaan todeta Tehojätjän olevan noin 28 % tehokkaampi kuin minikaivuri, mikä näkyy myös kuviosta 2. Työteho-seura Ry:n tutkimusten mukaan omatoimisessa taimikonhoidossa raivaussahan työteho on noin 0,06 ha tunnissa työpäivän pituuden ollessa keskimäärin 4h 39min (Valkonen, Tanttu & Peltola 2007, 21).

On otettava huomioon että minikaivurin kuljettajat eivät olleet ammattilaisia ja työskentely oli omatoimista. Tällöin raivaussahalla omatoiminen taimikonhoito on vertailukelpoinen minikaivurin omatoimiseen taimikonhoitoon. Tulosten perusteella minikaivuri on siis jopa hieman nopeampi kuin raivaussaha. Minikaivurin etuna tässä tapauksessa voidaan pitää parempaa työssä jaksamista, sillä se on huomattavasti kevyempää kuin raivaussahalla työskentely. Tällöin työteho ei laske vaikka päivän pituus olisikin esimerkiksi 8 tuntia.

## Risuraivain vs ”normimetsuri”

Aikatutkimus, tehoaika



Metsurin käyrät merkitty katkoviivalla

Kuvio 2. UW-40 risuraivain vs ”normimetsuri”. (Strandström & Poikela 2010, 13.)

### 8.3 Kustannukset

Minikaivuri ei tämän hetkisten tulosten osalta pärjää tuntituotoksellaan tehojätkälle, mutta on syytä tarkastella muutakin kuin tehokkuutta laitteita vertaillessa. Vaikka Tehojätkä on hieman tehokkaampi, on sen hankintahintakin suurempi kuin minikaivurilla. Strandströmin ja Poikelan (2010, 17) mukaan uusi tehojätkä maksaa verottomana noin 52 000 €, kun vastaavasti kolme vuotta vanha vähän käytetty minikaivuri maksoi toimeksiantajalle 16 000 €. Minikaivurin lisäksi raivauslaitteen rakentaminen maksoi arviolta 800 €, joten kustannukset jäävät 16 800 € minikaivurin osalta. Hankintahinnan erotukseksi tulee tällöin 35 300 €, joka on melko suuri summa kuolettavaksi suuremmalla työteholla.

Minikaivurin kolmen vuoden aikana pudottama arvo vastaa noin 13 % vuotta kohden, kun Tehojätjän arvonalenemisprosentti on 25 % luokkaa Strandströmin ja Poikelan (2010, 17) mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli laitteita käytetään kahdeksan vuo-



den ajan ja ne pudottavat tasaisesti hintojansa, on laitteiden jäännösarvo lähes sama käyttöjakson lopussa (ks. liite 2 ja 3).

Strandströmin ja Poikelan (2010, 17) kustannuslaskelmia tehojätäkstä hyödyntäen, voidaan vertailla, mitä minikaivurin kustannukset olisivat keskimäärin hehtaaria kohden kahdeksan vuoden laskenta-ajalla. Tällöin kuvitellussa tilanteessa laitteilla ajettaisiin kahdeksan tuntia päivässä, viisi päivää viikossa ja 44 viikkoa vuodessa. Kustannuslaskelmien perusteella Tehojätkällä voitaisiin käsitellä vuoden aikana 131 hehtaaria, joka vastaa minikaivurin 28 % huonommalla tuottavuudella 94,3 hehtaaria vuodessa. Tehojätkällä käsitellään tällöin 1048 hehtaaria kahdeksassa vuodessa ja keskimääräiset kulut hehtaaria kohden ovat 502,5 €, kun huomioidaan korkeampi hankintahinta ja nopeampi arvonaleneminen. Minikaivurilla puolestaan samassa ajassa käsittelee vain 754,5 hehtaaria, mutta kulut eivät kuitenkaan nouse kuin 555 € hehtaaria kohden. Tästä voidaan päätellä, että Tehojätkä on siis keskimäärin 52,5 € edullisempi hehtaaria kohden, jos laitteilla käsitellään samankaltaisia kohteita kahdeksan vuoden ajan. Luvut eivät kuitenkaan ole täysin mustavalkoisia, vaan niitä on tarkasteltava kokonaisuuden kannalta ja on muistettava, että minikaivurin tulokset ovat vasta suuntaa antavia esitutkimuksen tuloksia. Kustannuksista voidaan kuitenkin päätellä, että minikaivuri ei ole täysin toivoton laite, vaan kehittämisen myötä siitä on mahdollista kehittää varsin kilpailukykyinen laite Tehojätkälle.

## **9 Minikaivurin ja raivauslaitteen kehittäminen**

Minikaivurin ominaisuudet tällä hetkellä antavat mahdollisuuden toimia metsässä ja tehdä hoitotoimenpiteitä. Sitä on kuitenkin mahdollista kehittää, sillä laite antaa hyvän kehittelypohjan innovatiiviselle kehittämiselle. Laitteen koko ja esimerkiksi sähköjärjestelmä antaa mahdollisuuden kehittää laitetta monipuolisemmaksi.

Yksi tärkeimmistä kehityskohteista laitteessa on sen edessä oleva puskulevy. Sen hyvänä puolina on sen maata tasaavat ominaisuudet tehtäessä maanmuokkaustöitä, tai metsässä käytettäessä se toimii hyvin tukena ja vakauttajana. Metsässä toimiessaan puskulevy kuitenkin hankaloittaa toimintaa, sillä eteenpäin liikkuesssa se kerää eteensä kaatuneita risuja ja runkoja, jotka vaurioittavat mahdollisesti pystyyn jäävää puustoa. Telojen kestävyyttä voidaan lisätä vaihtamalla kumisten tilalle metalliset telat, joita laitteeseen on saatavilla.

Puskulevyn tilalle on suunnitteilla toisenlainen vakautussysteemi, jolla saadaan vähintään yhtä hyvä vakaus laitteelle kuin puskulevyllä. Vakautussysteemi tulisi pystyä vaihtamaan tarvittaessa takaisin puskulevyyn helposti ja vaivattomasti. Levyn tilalla voisivat hyvin toimia esimerkiksi renkaat tai jonkinlaiset jalakset, jotka antaisivat tarvittavan tuen mutta eivät kasaisi risuja metsäkäytössä. Levy nousee ja laskee hydraulisesti, joten myös renkaat tai jalakset saataisiin nousemaan ylös ja alas, jolloin niiden käyttäminen olisi helppoa. Puskulevyn tilalle tuleva tukijärjestelmä olisi syytä toteuttaa pikasovitteilla, jolloin se olisi nopea ja helppo kiinnittää sekä irrottaa tarpeen vaatiessa.

Pihlajan ja haapavesakon torjunnassa on kokeiltu purppuranahakka-sieniliuosta, joka on biologinen torjunta-aine. Kokeilussa sitä lisättiin tuoreisiin leikkauspintoihin, jolloin sillä todettiin olevan huomattava ero verraten pelkkään katkomiseen. Sienikäsittely esimerkiksi tappoi 27 % pihlajan kantovesoista, kun pelkkä katkonta tappoi vain 6 %. (Löfström & Hamberg 2011, 50–52.) Sieniliuoksen käyttö minikaivurilla hakatuilla kohteilla parantaisi tehokkuutta, sillä, jos esimerkiksi pihlajan vesomista saataisiin vähennettyä neljäsosa, vähentäisi tämä seuraavien käsittelyjen työmäärää ja kustannuksia merkittävästi.

Sienikäsittelyä varten minikaivuriin täytyisi rakentaa liuokselle sopivat säiliöt ja telineet. Säiliöt voisivat olla esimerkiksi 30 litran kokoisia, jotka voitaisiin asentaa ja siirtää käsin. Maataloudessa käytetyt AIV-liuossäiliöt ovat juuri tämänkokoisia, ja niihin on saatavilla valmiita pumppujakin. Tällaiset 12 voltin virralla toimivat pumpput olisi helppo kytkeä kaivinkoneen sähköjärjestelmään. Pumpulta lähtisi letkut puomia pitkin aina terälaitteelle saakka, jossa liuos suihkutettaisiin terälle yhdellä tai useammalla suuti-

mella. Liuoksen tulisi suihkuta vain, kun terällä leikataan, jotta liuosta ei menisi hukkaan. Tällöin terää pyörittäessä kytkeytyisi pumppu päälle, jolloin se ruiskuttaisi liuosta kantopinnoille ja mahdollisimman vähän hukkaan.

Ongelmana on sopivan sieniliuoksen saaminen, sillä sitä ei vielä ole myynnissä, ainakaan yksityisille. Myös oikeanlaisen sieniliuoksen löytäminen ja sen tuomat sivuvaikutukset ovat vielä tutkimuksen alla. Liuoksen ruiskutusjärjestelmä olisi kuitenkin toteutettavissa pienin kustannuksin minikaivurin raivauslaitteen yhteyteen.

## 10 Pohdinta

Tulosten perusteella minikaivuri ei aivan pärjää Tehojätkälle, mutta metsurille se antaa hyvän vastuksen työtehollaan. Tulokset ovat vasta esitutkimuksen tuloksia ja voidaan pitää varsin todennäköisenä, että työtehoa saadaan parannettua ainakin 10 %, jolloin laite kilpailisi jo huomattavasti paremmin tehojätkän kanssa. Työteho ei ole ollut tutkimuksessa täysin huipputasoa, sillä kuljettajien vähäinen kokemus taimikonhoidosta ja minikaivurista on vaikuttanut työn laatuun.

Minikaivurilla on runsaasti hyviä puolia, jotka tekevät siitä kiinnostavamman kuin mitä työtehotulokset antavat ymmärtää. Edullinen hankintahinta madaltaa kynnystä hankkia laite, koska tällöin ei tarvitse ottaa niin suuria lainoja. Minikaivurin monipuoliset käyttöominaisuudet antavat laitteelle myös lisää käyttömahdollisuuksia ja tällöin sen kilpailukyky paranee entisestään, sillä esimerkiksi Tehojätkän työmahdollisuudet rajoittuvat taimikon hoitoon.

Minikaivurilla pystytään kaivamaan ja suorittamaan maansiirtoa silloin, kun taimikonhoitoa ei välttämättä ole tarjolla, mikä nostaa laitteen käyttöastetta. Olisi myös hyvä selvittää, olisiko minikaivuria mahdollista käyttää myös ennakkoraivauksessa. Kokonsa ja

ominaisuuksiensa puolesta se saattaisi olla mahdollista, mutta sitä on syytä tutkia lisää koneen kehittyessä. Kustannusvertailuissa kustannukset laskettiin tilanteessa, jossa laitteella ajettiin vain 8h päivässä. Minikaivurin tapauksessa mikään ei estä ajamista vaikka kahdessa vuorossa, mikäli löytyisi tarpeeksi työntekijöitä. Toisaalta laitteen edullinen hankintahinta ei luo paineita pitää konetta jatkuvasti liikkeellä, mikä yleensä on kallista suurien laitteiden kohdalla.

Työolosuhteet kaivinkoneella ovat loistavat, sillä ilmastoitu hytti takaa turvallisen ja hyvän työskentely-ympäristön. Tällöin ei tarvita erillisiä turvavarusteita eikä työntekijään kohdistu niin suuria fyysisiä rasituksia, mikä auttaa työssä jaksamista kelissä kuin kelissä. Laitteella voitaisiin mahdollisesti tällöin jatkaa sellaisten metsurien työuraa, joiden työnteko on estynyt esimerkiksi verisuonitautien ja muiden vammojen takia. Kuten Kärhä on teoksessaan tutkinut, on hyväkuntoisen 52 -vuotiaan koehenkilön syketaso keskimäärin 110 lyöntiä minuutissa raivaussahatyöskentelyssä (Kärhä 2002, 31). Tällainen syketaso jatkuvasti on melkoinen riski sairaalle työntekijälle, mutta minikaivurilla rasitusta voitaisiin pienentää. Tällöin työnteko olisi mahdollista ja henkilö voitaisiin pitää kiinni työelämässä. Tehojätjän hytittömään versioon verrattuna työntekijä on alttiina sääälle, hyönteisille ja kaatuileville risuille.

On syytä pohtia tarkkaan laitteita hankkiessa, mitkä ovat käyttötarkoitukset ja tarpeet. Minikaivuri vaikuttaa jo tällä hetkellä varsin kilpailukykyiseltä laitteelta, kun huomioidaan sen monipuoliset käyttömahdollisuudet ja hyvät ominaisuudet. Kokonaisuus huomioiden laite vaikuttaa mielenkiintoiselta ja näyttäisi siltä, että sen kehittämistä ja käyttöä kannattaa jatkaa. Kun laitetta on käytetty enemmän ja kuljettajat ovat harjaantuneita, on syytä tehdä tarkempaa työtehoseurantaa ja tarkempia tutkimuksia sen kustannustehokkuudesta.

## Lähteet

- Hyvämäki, T. 2002. Tapion taskukirja. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Jyväskylä: Gummerruksen Kirjapaino Oy.
- Juntunen M-L. 2011. Tekijät eläköityvät metsänhoitotöistä lähivuosina.  
<http://www.metla.fi/uutiskirje/mkl/2011-2/uutinen-4.htm> [luettu 12.03.2012]
- (Kaila, S. 2005. Käykö taimikon perkaus koneella? Metsätehon katsaus NRO 9 1/2005.). [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus\\_009.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus_009.pdf)
- Kaivola, A. 1995. Taimikonhoidon koneellistamismahdollisuudet. Vuosina 1992–94 toteutetun projektin loppuraportti. Työtehoseuran julkaisuja 344. Helsinki: Tummavuoren Kirjapaino Oy.
- Keckman-Koivuniemi, H. 2010. Havainnointitutkimukset.  
<http://www.fsd.uta.fi/metelmaopetus/index.html> [12.03.2012]
- Kellomäki, S. 1991. Metsänhoito. Silva Carelica 8. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.
- Kone Saksman Oy. [http://www.saksman.com/SUNWARD28\\_38.pdf](http://www.saksman.com/SUNWARD28_38.pdf)
- Kärhä, K. (toim.) 2002. Nuoren metsän hoitotyön pienteknologia. työtehoseuran julkaisuja 387. Helsinki: Tammer-Paino Oy.
- Löfström, I. & Hamberg, L. 2011. Purppuranahakka torjuu tehokkaasti pihlaja- ja haapavesakoita. Metsätieteen aikakauskirja 1/2011.
- Metsäntutkimuslaitos. 2011. Metsätilastollinen vuosikirja 2011. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Nummenmaa, L. 2004. Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
- Standström, M., Hämäläinen, J. & Pajuola, H. 2009. Metsänhoidon koneellistaminen. Visio ja T&K-ohjelma. Metsätehon raportti 206. Helsinki: Metsäteho Oy.
- Strandström, M & Poikela A. 2010. UW-40-risuraivain koneellisessa taimikonhoidossa. Metsätehon tulostulosarja 12/2010.  
[http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja\\_2010\\_12\\_UW40-risuraivain\\_koneellisessa\\_taimikonhoidossa\\_ms\\_ap.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2010_12_UW40-risuraivain_koneellisessa_taimikonhoidossa_ms_ap.pdf)  
 [Luettu 01.04.2010]
- Valkonen, J., Tanttu, V. & Peltola, M. 2007. Omatoimisen taimikonhoitotyön tuottavuus ja laatu. TTS tutkimuksen julkaisuja 401. Nurmijärvi: Tammer-Paino OY.

## Liite 1

<b>Kuvio 1</b>	<b>Keskiarvo</b>
<b>Jäljelle jäävä puusto</b>	
Keskipituus	6,1 m
Runkoluku	1960 kpl/ha
Keskiläpimitta	5,6 cm
<b>Poistunut puusto</b>	
Poistuma	6800 kpl/ha
Poistuman keskiläpimitta	3,9 cm
<b>Ajanmenekki</b>	12,10 h/ha

<b>Kuvio 2</b>	<b>Keskiarvo</b>
<b>Jäljelle jäävä puusto</b>	
Keskipituus	7,3 m
Runkoluku	1866,7 kpl/ha
Keskiläpimitta	6,9 cm
<b>Poistunut puusto</b>	
Poistuma	7600,0 kpl/ha
Poistuman keskiläpimitta	4,3 cm
<b>Ajanmenekki</b>	15 h/ha

<b>Kuvio 3</b>	<b>Keskiarvo</b>
<b>Jäljelle jäävä puusto</b>	
Keskipituus	4,1 m
Runkoluku	1900,0 kpl/ha
Keskiläpimitta	3,3 cm
<b>Poistunut puusto</b>	
Poistuma	6800,0 kpl/ha
Poistuman keskiläpimitta	2,9 cm
<b>Ajanmenekki</b>	11,2 h/ha

<b>Kuvio 4</b>	<b>Keskiarvo</b>
<b>Jäljelle jäävä puusto</b>	
Keskipituus	7,1 m
Runkoluku	1975,0 kpl/ha
Keskiläpimitta	6,7 cm
<b>Poistunut puusto</b>	
Poistuma	10400,0 kpl/ha
Poistuman keskiläpimitta	3,3 cm
<b>Ajanmenekki</b>	16,8 h/ha

<b>Kuvio 5</b>	<b>Keskiarvo</b>
<b>Jäljelle jäävä puusto</b>	
Keskipituus	4,3 m
Runkoluku	1766,7 kpl/ha
Keskiläpimitta	3,6 cm
<b>Poistunut puusto</b>	
Poistuma	5800,0 kpl/ha
Poistuman keskiläpimitta	3,6 cm
<b>Ajanmenekki</b>	11,6 h/ha

<b>Kuvio 6</b>	<b>Keskiarvo</b>
<b>Jäljelle jäävä puusto</b>	
Keskipituus	7,2 m
Runkoluku	1840 kpl/ha
Keskiläpimitta	6,2 cm
<b>Poistunut puusto</b>	
Poistuma	9800 kpl/ha
Poistuman keskiläpimitta	3,5 cm
<b>Ajanmenekki</b>	16,3 h/ha

## Liite 2

**Minikaivuri**

Tuottavuus	0,072 ha/h	
Vuosituotto	94.3 ha	(28% hitaampi )
<b>Arvioitu käyttöikä</b>	<b>8 v</b>	

Arvon aleneminen	13 %/v
Hankintahinta	16 000 €
Hinta 2020	5251 €
Terälaite	800 €

**Kiinteät kustannukset vuoden aikana**

Vakuutukset	143,76 €
Työvoimakustannukset	41290 €
<b>Yhteensä</b>	<b>41 433,8 €</b>

**Muuttuvat kustannukset vuoden aikana**

Polttoaine	4323 €	3L/h
Korjaus ja huolto	4062 €	
Siirrot	1179 €	
<b>Yhteensä</b>	<b>9564 €</b>	

<b>Kulut yhteensä</b>	<b>50 998 €</b>	556 €/ha
-----------------------	-----------------	----------

**Kaikki kustannukset 8 vuoden aikana**

Arvon aleneminen	10749 €
Kulut	418733 yht
Käsitelty ala	754,5
	<b>555 €/ha</b>

Polttoaineen hinta 1,1€/L



## Liite 3

**Tehojätkä**

Tuottavuus	0,1 ha/h
Vuosituotto	131 ha
<b>Arvioitu käyttöikä</b>	<b>8 v</b>

Arvon aleneminen	25 %/v
Hankintahinta	52 000 €
Hinta 2020	5205 €

**Kiinteät kustannukset vuoden aikana**

Pääoman poisto	6054 €
Korot	1213 €
Työvoimakustannukset	41290 €
Vakuutukset	300 €
Hallinto ja ylläpito	3000
<b>Yhteensä</b>	<b>51857 €</b>

**Muuttuvat kustannukset vuoden aikana**

Polttoaine	2880 €	2L/ha
Korjaus ja huolto	4062 €	
Siirrot	1179 €	
<b>Yhteensä</b>	<b>8121</b>	

<b>Kulut yhteensä</b>	<b>59978 €</b>	457€/ha
-----------------------	----------------	---------

**Kaikki kustannukset 8 vuoden aikana**

Arvon aleneminen	46795 €
Kulut	526619 yht
Käsitelty ala	1048
	<b>502,5 €/ha</b>

Polttoaineen hinta 1,1€/L